

레이저를 이용한 직접금속조형(DMD) 기술

지해성*, 서정훈**

Laser-Aided Direct Metal Deposition (DMD) Technology

Jee, H. S.* and Suh, J. H.**

ABSTRACT

Direct Metal Deposition (DMD) is a new additive process producing three-dimensional metal components or tools directly from CAD data, which aims to take mold making and metalworking in an entirely new direction. It is the blending of five common technologies: lasers, CAD, CAM, sensors and materials. In the resulting process, alternatively called laser cladding, an industrial laser is used to locally heat a spot on a tool-steel work piece or platform, forming a molten pool of metal. A small stream of powdered tool-steel metal is then injected into the metal pool to increase the size of the molten pool. By moving the laser beam back and forth, under CNC control, and tracing out a pattern determined by a computerized CAD design, the solid metal part is eventually built line-by-line, one layer at a time. DMD produces improved material properties in less time and at a lower cost than is possible with traditional fabrication technologies.

Key words : Direct Metal Deposition (DMD), Rapid Tooling, laser cladding, materials

1. 서 론

1986년 미국 3D Systems사가 SLA라는 이름으로 세계시장에 처음으로 선보인 RP(Rapid Prototyping), 즉 쾌속조형(快速造形) 혹은 신속조형(迅速造形)기술이 시제품 제작분야에도 적용되기 시작한 후 신속시작기술(迅速試作技術)이라고 불리우는 RT(Rapid Tooling)분야는 새로운 변화의 계기를 맞이하게 되었다. RT기술이란 CNC 및 기타 절삭 가공 기계, 혹은 인베스트먼트 캐스팅(investment casting) 기법을 이용하여 매우 신속하게 tool을 제작하고자 하는 기술을 일컫는다. 최근 RT분야는 tool 제조 분야에서 그 위치를 공고히 해 나가고 있다. 1998년도 전세계 RP&T 시장규모는 대략 \$850 million이었고, 지난 10년간 연평균 성장률 43.3%라는 놀라운 속도로 시장이 급속히 성장하고 있다. 최근 RT분야에 RP기술이 폭 넓게 적용되기 시작하면서 기존의 방법보다 훨씬 더 효율적이고 빠른 시간 안에 시작용 tool은 물론 완제품과 동

일한 기능성 재료와 형상을 가진 양산용 tool을 제작하는 것이 가능해졌다. 여기서 'tool'이란 플라스틱 사출금형은 물론, 인베스트먼트 캐스팅 그리고 다이 캐스팅(die casting)등의 제조분야에서 최종 단계에 사용되는 성형기구들을 의미하는데 이로써 단순한 조형기술에 불과하던 RP기술이 효율적인 생산 가공 기술의 한 분야로 자리잡는 계기가 되었다^[1]. 초기에 RP장비가 RT목적으로 가장 빠르게 성공적으로 활용되어온 분야로는 우선 인베스트먼트 캐스팅을 꼽을 수 있는데 이는 인베스트먼트 캐스팅 분야에 있어서 가장 복잡한 공정에 속하였던 마스터 패턴 혹은 즉 실행상(眞形狀: near net shape tool) 제작공정이 RP기술의 신속성에 힘입어 보다 용이하고도 신속한 공정으로 탈바꿈되었고 인베스트먼트 캐스팅 기술자체의 효용성까지 한단계 격상시키는 효과를 가져다 주었기 때문이다^[2].

일반적으로 RP기술에 토대를 둔 RT기술들의 공통적인 특징은 우선 금형(mold/die)의 패턴을 RP기술로 신속하게 제작하고 난 후에 이를 이용하여 tool의 실행상을 제작하는 방식을 주로 택하고 있는데 이는 RP로 제작된 파트들의 재료강도가 tool로 직접 사용되기 에 적합하지 않은 속성에서 비롯된다. 이처럼 RP기술

*홍익대학교 기계공학과

** (주)인스텍

- 논문투고일: 2003. 03. 03

- 심사완료일: 2003. 06. 26

만으로는 금속이나 세라믹이 주된 성분인 tool의 각 컴포넌트를 직접 제작하는 것이 매우 어렵다는 것이 일반적인 견해이지만 최근의 3D Systems사의 KeltoolTM의 경우에서처럼 RP장비를 이용한 실형상 tool의 직접적인 제작방식이 어느 정도까지는 가능하다. 이는 Keltool 공정이 RP공정에 의해 생성된 silicone RTV submaster에 금속분말과 접착액의 혼합물을 붓는 2차공정을 거치기는 하지만 결과물의 재질이 청동, 스텔라이트(stellite), A6 tool steel 등 hard tooling용 tool로 제작되기 때문이며 따라서 Keltool공정을 soft tooling이라기보다는 hard tooling으로 간주해야 한다는 것이 전문가들의 지배적인 견해이기도 하다⁴⁾. 이들과 Keltool과 유사한 공정으로는 3D Systems사의 QuickCast와 그리고 Soligen사의 DSP등을 들 수 있으며 부분적으로 상용화되어 현재 산업체에서 적용 중이다.

최근 이들과는 좀더 차별되는 기술로서 분말상의 금속, 혹은 세라믹과 같은 비 금속재를 단독 혹은 상호 혼합하여 실형상 파트 혹은 금형과 같은 실형상 tool 그 자체까지를 마스터 모델없이 직접 RP공정으로 부터 얻어내는 직접금속조형(direct metal manufacturing) 기술도 개발되었다. 이 기술들은 적층형 RP조형기술을 채택하였다는 점에서는 기존의 RP기술과 유사하나 도중에 마스터패턴제작 공정을 거치지 않고 기능성재료의 시작금형을 RP장비로부터 직접 제작한다는 점에서 그 궤를 달리한다. 직접금속조형 기술 상용화의 기원은 오래전주 포틀랜드시에 위치한 Incre L.L.C.사에서 시작되었다⁵⁾. Incre사가 상용화한 기술은 금속을 녹여 이를 용융상태에서 잉크젯 헤드를 통해 분사, 모재에 정착시켜 금속파트를 형성시켜나가는 것이었다. 그러나 기술의 성격상 주석과 같은 낮은 용점의 금속을 이용할 수 밖에 없었고 최근까지도 알루미늄 정도의 저용점 금속에만 그 조형재료 대상을 한정하는 데에 그치는 등, 기술의 한계성에 부딪혀 사장되었고 이후로는 DTM사의 RapidTool⁶⁾이나 ExtrudeHone사의 ProMetal⁷⁾이 상용화되어 이용되고 있다.

본 논문에서는 지금까지 기술한 직접금속조형 기술들의 여러가지 알려진 단점들을 극복한 새로운 직접금속조형 기술을 소개하고 이를 국내에서 개발한 과정을 몇 가지 적용사례를 중심으로 기술하고자 한다. 이 새로운 기술은 레이저 직접금속조형(laser-aided direct metal deposition: DMD) 기술이라고 명명되며 제작된 파트의 기능성 및 제작공정의 활용도면에서 기존의 금속조형기술보다 훨씬 뛰어난 것으로 평가되

어 세계각지에서 다투어 연구개발이 이루어져 왔다. 이 기술의 근본원리는 레이저에 의해서 생성된 용융물에 금속분말을 사출하여 증착시킴으로서 금속 파트를 직접 조형할 수 있는 시스템을 개발하고자 하는 것이다. 이 기술은 대부분의 RP공정이 그러하듯이 공정 특성상 조형 형상내부의 기하학적 복잡성이나 반복성에 전혀 구애를 받지 않는다. 그러므로 기존의 tooling 공법에서의 공정설계 단계를 거치지 않고 곧 바로 프레스 금형과 냉간 단조 금형 파트, 그리고 복잡한 형상의 플라스틱 금형용 인서트등에 이르기까지 폭넓게 적용이 가능하며 무엇보다도 레이저가 갖고 있는 열특성상, 기존의 육성용접에 의한 금형보수 분야에서 치명적인 단점으로 지적되어온 고열용접 후의 모재와 용접부위간에 경도편차와 열류무늬의 발생, 그리고 기계적 재료성능 저하와 같은 문제점들을 수만하지 않으므로 금형의 직접적인 補修 시에 보다 더 효과적으로 활용될 수 있다는 점이 최대의 장점이라고 하겠다.

이 기술은 일찌감치 그 기술적 부가가치 및 중요도에 관한 범국가적인 인식과 이를 국가차원에서 보호하기위한 방침으로 세부적인 기술적 구현원리 및 구체적인 개발 현황이 완전히 공개되고 있지 않으나 현재 미국에서는 이미 기술 개발을 완료, 이들 Optomec⁸⁾사와 POM⁹⁾사가 상용화 한 것으로 파악된다. Optomec사에 의해서 상용화된 LENS(Laser-engineered-net-shaping)시스템은 원래 Sandia National Lab.에서 Nd:YAG(Neodymium: Yttrium Aluminum Garnet) 레이저를 이용하여 개발, 미 에너지성에서 컨소시엄을 구성하여 회사를 설립하였고, POM사에 의해서 상용화된 DMD(Direct-metal-deposition) 시스템은 미시간대학에서 CO₂ 레이저를 이용하여 개발한 후 개인기업에 의해서 상용화된 것이다. 미국을 제외한 유럽국가에서는 독일의 Fraunhofer연구소와 영국에 소재한 유럽공동체의 RP관련 컨소시엄에서 기술을 개발중인 것으로 알려져 있고 국내에서는 한국원자력연구소 소재 창업벤처 회사에 의해 공식적으로는 미국에 이어 두 번째로 기술개발과 함께 상용화되었다¹⁰⁾.

2. 직접금속조형 기술과 DMD 기술

2.1 직접금속조형 기술

수 년동안 학교/연구소와 방위산업체 종사자들은 금속파트를 금속소재로부터 직접 조형/제작할 수 있는 직접금속조형 기술을 개발하기 위하여 많은 노력을 기울여 왔다. 이와 같이 직접금속조형 기술을 이용하

여 실행상 금형(net shape tool)을 만들고자 하는 노력이 꾸준히 이루어지고 있는 까닭은 이 기술로부터 제공반을 수 있는 다음과 같은 고유한 특징으로부터 설명될 수 있다.

첫째, 직접금속조형 기술을 이용하면 사출금형(tool)의 성능에 직접적인 영향을 주는 냉각수로(cooling channel)를 자유자재로 금형내부에 제작할 수 있다는 것이다. 즉 직접금속조형 기술은 그 성격상 tool의 기하학적인 복잡성에 거의 영향을 받지 아니하므로 설계될 tool 형상과 위치를 원하는 대로 최적화할 수 있다. 이는 결국 tool의 가동능률을 높여주고 성형된 금형재질의 사용 수명도 증가시키므로 tool 제작에 있어서 매우 요긴하게 활용된다. 즉 미국금형조합의 연구 발표에 따르면 플라스틱사출금형에 의한 사출공정에서 냉각공정이 전체시간의 60%를 차지하므로 냉각수로를 최적으로 배치하면 전체 사출공정시간은 40%나 감소시킬 수 있으며 또한 냉각수료가 자유형상주위로 최적으로 배치되므로 파트재질의 사용 내구성의 개선에 따른 불량률 감소에 기여한 것으로 보고되었다¹¹⁾.

둘째, 공정에 따라 다르지만 직접금속조형 공법은 한 개의 단일 파트내의 금형재질을 여러가지 복합재료로 다양하게 조합을 줄 수 있어(functionally graded material) 파트의 각 부위별로 필요한 재질성능을 최적으로 조절할 수 있다. 예를 들면 하나의 파트내에서 내마모성을 가진 재료와 내열성을 가진 재료를 부위별로 조합하여 제작하면 각각의 장점을 모두 갖춘 기계부품을 제작할 수 있게 된다. 이는 기존의 가공기술로는 구현이 어려운 직접금속조형 공정만의 특징이라고 하겠다.

현재 직접금속조형 기술을 이용한 시작금형(試作金型)의 제작은 여러가지 공정으로 나뉘어 진행중이며 공법의 특성상 steel metallurgy, spray metal methods, metal vapor deposition process, metal welding, laser-aided direct metal deposition 등으로 분류될 수 있다. 그 중 대표적으로 앞선 기술로는 서론에서 언급한 바와 같이 상용화된 순서대로 SLS 기술을 이용하는 DTM사의 RapidTool과 ExtrudeHone사의 ProMetal이 알려져 있다. 예를 들어 미국 MIT 공과대학의 3D Printing 기술의 license를 넘겨받아 상업화시킨 미국의 Extrude Hone Corporation의 ProMetal은 stainless steel, tungsten 그리고 tungsten carbide를 포함하는 여러 가지 금속재료의 분말을 소재로 하여 금속소재형상을 직접 제조하고 있는데 제조된 금속 소재 형상들은 후처리를 거치면서 이론적으로는 92% 정도의 밀도를 갖게되며 infiltration을 거

치면서 보다 치밀한 소재조직을 얻을 수도 있기 때문에 플라스틱 사출금형의 tool insert로 활용하기 위한 연구가 진행중이다. 그러나 3D Systmes사의 Keltool 공법과 마찬가지로 DTM사의 RapidTool 공법과 ExtrudeHone사의 ProMetal 공법은 모두 infiltration 작업에 필요한 추가적인 시간이 요구되므로 정밀도 측면에서 뿐만 아니라 내구성과 시간단축의 측면에서 조금 더 개선이 필요한 점이 그 기술적 한계라고 할 수 있다.

2.2 레이저 직접금속조형(DMD) 기술

본 논문에서 제시하고 있는 레이저 직접금속조형(laser-aided direct metal deposition: DMD) 기술은 미국에서 개발된 기술 보다 향상된 제어기술을 이용하여 기술적인 협력 없이 독자적으로 국내에서 구현하였다는 점에 그 의의의 갖는다. 구현원리는 소개된 대로 기능성 소재(금속, 합금, 세라믹 등)의 분말을 컴퓨터에 저장된 3차원 디지털 형상정보(digital data of 3D subjects)에 따라 정밀하게 레이저로 직접 용착시키는 소위 레이저 클래딩(laser cladding) 기술을 이용하여 2.5차원의 조형층을 물리적으로 구현하고 이를 적층하여 복잡한 3차원 형상을 가진 금속파트를 직접 제작하는 기술이다. 여기서 레이저 클래딩 기술이란 시편 표면에 레이저 빔을 조사하여 용융용품을 만들고, 동시에 외부로부터 분말형태의 소재를 공급하여 시편표면에 새로운 클래딩층을 형성시키는 기술이다(Fig. 1).

레이저 클래딩 기술은 기존의 플라즈마 용사, 아크 용접 등의 기존 기술에 비해 여러 가지 우수한 장점을 가지고 있다. 우선 모재와 클래딩 층이 완전한 용융접합(fusion bonding)을 이루기 때문에 모재와 클래딩 층 사이의 접합이 매우 우수하다. 그리고 모재에 적은 에너지가 흡수되므로 모재의 용융을 최소화(reduction

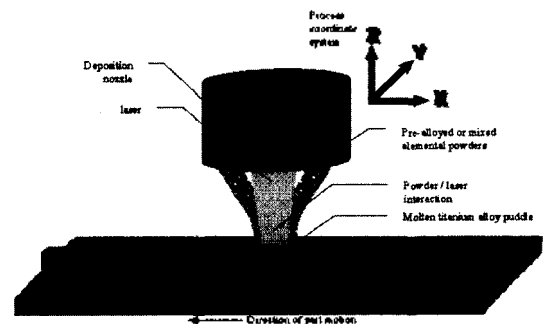


Fig. 1. An illustration of laser cladding process(courtesy of Insstek Inc.).

in dilution)할 수 있고, 따라서 기존의 방법에 비해 열 뒤틀림(thermal distortion)이 적고, 클래딩 층의 기공률을 낮추거나 없앨 수 있으며, 클래딩 층을 정밀하게 원하는 위치에 입힐 수 있어 후가공 비용을 줄일 수 있다. 또한 이 기술을 이용하면 대기 중에서 한 번의 공정으로 금속 용고조각이 형성되어 0.3에서 3 mm 두께의 클래딩 층을 얻을 수 있어 비교적 매끈한 표면(대략 25 μm RMS)을 얻을 수 있다는 점과(Fig. 2) 또한 기술의 자동화가 용이하다는 특징도 갖추고 있어 기계부품이나 구조재의 모재 특성에 영향을 주지 않고 실제 응용에 요구되는 표면 특성을 갖는 클래딩 층을 입히는 데 이용된다. 선진국에서는 1981년 영국 Rolls Royce사가 RG211 엔진의 "turbine blade shroud interlocks"를 레이저 클래딩 한 것을 시작으로¹¹⁾, 자동차, 항공, 발전, 기계산업을 중심으로 부품 표면에 내마모성, 내열성, 내침부식성 등의 특성을 부여하기 위해 활발히 산업에 응용되고 있으나, 국내에서는 적절한 기술을 갖춘 상용업체가 없어 기술에 대한 수요가 많음에도 불구하고 널리 산업에 적용되지 못하고 있다.

한편 레이저 직접 금속조형 공정은 이와 같이 레이

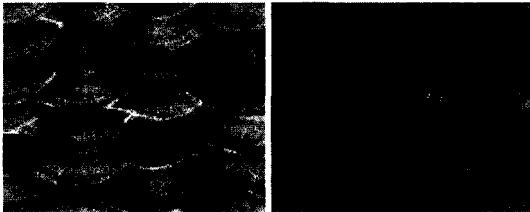


Fig. 2. Optical microstructures of the part surface of a laser-clad material part (courtesy of Inssstek Inc.).

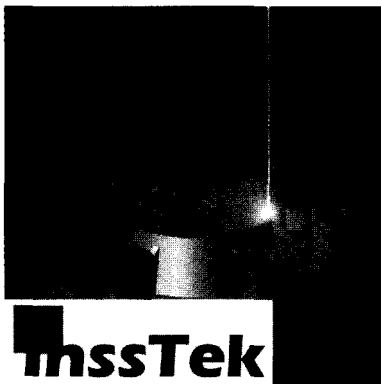


Fig. 3. An illustration of DMD process(courtesy of Inssstek Inc.).

저 클래딩 층이 여러 겹으로 증착되는 원리를 응용한 RT기술로서 기능성 3차원 금속제품형상이나 혹은 제품 생산에 필요한 기능성 금속 tool의 제작을 매우 빠른 시간내에 신속하게 구현할 수 있다(Fig. 3).

그런데 레이저 클래딩기술이 직접금속조형 기술로 직접 응용되기 위해서는 우선 이를 뒷받침해줄 여러 가지 선행기술, 즉 클래딩층 증착두께의 실시간 온라인 계측이 가능하기 위한 센서제어 및 이미지 프로세싱기술, 그리고 여러가지 클래딩 환경에 적합한 원할한 소재분발 공급장치 기술등의 구현이 먼저 이루어져야 하는데 그 기술의 난이도가 높아 아직도 유럽등지에서는 기술의 상용화를 저해하는 주요한 요인으로 작용하고 있는 바 본 연구팀은 이들 기술들을 독자적으로 구현하여 특허를 획득함과 동시에 기술을 상용화하였다. 본 논문에서 제시하는 레이저 직접금속조형 공정의 장점들을 보다 구체적으로 열거하면 다음과 같다.

첫째, CNC 및 기타 가공기계를 이용한 절삭과 주조 등의 기존 어떤 가공방식과 비교할 수 없는 빠른 시간 내에 기능성 금속 시작품(functional metal prototype), 시작 및 양산 금형을 성형할 수 있다.

둘째, 기존 방법으로는 가공할 수 없었던 복잡한 형상의 금속파트와 각종 시작 tools의 신속한 제작이 가능하므로, 시작기간이 단축되고 신제품의 개발기간 및 비용을 획기적으로 절감하는 효과를 얻을 수 있다.

셋째, 매년 모델이 바뀔때 따라 폐기처분되고 있는 막대한 양의 금형에 동일한 소재로 적층하여 새로운 제품모델용 금형으로 다시 재 활용하여 리모델링할 수 있는 길이 트여 환경친화적인 기술일 뿐만 아니라 제조업체의 원가절감과 그에 따른 산업체 전이효과가 막대할 것으로 추산된다.

이와 같은 장점들로 말미암아 레이저 직접금속조형 기술은 소품종 대량생산(mass production)에서 다품종 소량생산(mass customization)으로 생산방식이 변모하고 제품의 수명주기(life cycle)가 단축되어 제품의 시장진입시기(time-to-market)의 중요성이 점점 강조되고있는 최근 제조산업의 환경변화에 유연하게 대처할 수 있는 기반기술로서의 역할을 수행할 수 있을 것으로 예측된다.

3. 레이저 직접금속조형 기술의 응용 예

3.1 금형

이 기술은 그 부가가치의 특성상 여러가지 응용분야를 목표로 하고 있는데 그 중 가장 수익성이 높은

분야로 금형시장을 들 수 있다. 그 한 예가 사출금형 시장인데 전통적으로 사출금형 분야에서는 경화처리된 철계열 블록을 밀링가공으로 절삭하여 금형 캐비타를 만들어 왔다. 그러나 기존의 공정은 정교하게 금형을 제작할 수 있는 장점을 가진 반면 제작시간이 매우 많이 소요된다는 단점이 있었다. 한편 레이저 직접금속 조형기술은 기존의 절삭 방식보다는 정교함에서 다소 뒤떨어지나 금형 제작시간이 빠르고 특히 열영향을 거의 받지 않는다. 이는 미국 NCMS(National Center for Manufacturing Science)의 Westmoreland의 분석에 의해서도 뒷받침되고 있는데^[13], 조형 대상물에 따라 차이가 있지만, "직접금속조형 기술은 기존 금형 제작시간을 40%이상 단축시킬 수 있고, 미국 금형시장에서만 수십억 달러가량 절감시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있다(97년 미국의 금형생산 규모는 대략 \$10.8billion으로 추산됨.)"고 발표되었다. Fig. 4는 본 논문에서 제시한 직접금속조형 장비로 제작된 플라스틱 사출용 금형인서트의 모습이다. 한편 직접금속조형 장비를 이용하면 사용중 손상되거나 마모된 금형파트의 육성 開補修 작업의 경우에도 표면개질효과에 의하여 기존의 육성용접기법에 의한 방법보다 훨씬 우수한 재료적 성질을 갖는 금형으로의 보수가 가능하다. 일반적으로 금형보수 분야는 손상된 각종 금형을 보수 및 재생하는 사업으로서 기존에는 균열(cracked), 파손(broken), 열손상(heat-checked) 등으로 인해 금형 혹은 tools가 손상되었을 때, 용접 방법을 이용하여 보수하고 있으나, 보수 후 제품의 품질이 크게 저하되고 용접보수를 위해 금형의 예열(prec-heat treatment) 및 후 열처리(post-heat treatment)가 필요하며 후가공 시간이 많이 소요된다. 따라서 보수하는 기간 중의 생산지연으로 인해 발생하는 경제적인 비용손실은 물론 금형을 새로 교체해야 하는 경우에는

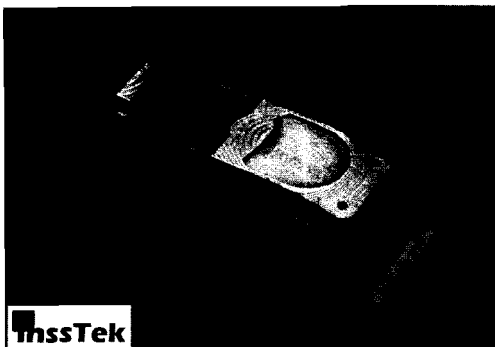


Fig. 4. Injection mold insert by DMD process(courtesy of Insstek Inc.).

이에 따른 비용부담이 막대하다. 그러나 직접 금속조형기술을 적용할 경우에는 열처리 없이 공구강 또는 고강이 원하는 소재를 이용하여 금형의 손상된 표면을 기존의 용접공정에 비해 짧은 시간에 새것처럼 보수 및 재생이 가능하므로 매우 효율적이고 경제적인 금형보수기술로 활용이 가능하다.

시장규모로 살펴보았을 때 국내 금형산업은 1997년 이후 금형수요산업의 구조조정 등으로 생산이 크게 위축되었으나 이후 99년도에 들어와 외환위기의 진정, 저금리 정책 등으로 경기가 다시 회복되면서, 자동차, 가전사업 등 금형 수요 업체들의 제품생산이 호조를 띄면서 금형업체의 생산 여건도 크게 되살아나고 있으며 금형업체의 2001년 현재 생산규모는 가전산업과 통신기기, 그리고 반도체 산업의 금형발주 증가에 따라 2조 5,640억원(22억불)에 이르렀으며 수출액은 약 6억8천만 달러를 상회하는 것으로 보고되었다^[14]. 한편 금형보수와 수리 시장규모는 아직 발표된 통계자료가 없어 정확한 규모를 추측하기 매우 어렵다. 각 회사마다 매년 마모 등으로 파손된 금형을 수리하거나 제품개발 시 잦은 설계변경에 따라 금형을 수정하는 작업이 많으나 이에 대한 정량적인 데이터는 발표되지 않고 있다. 따라서 간접적인 통계 데이터를 바탕으로 금형 수리시장을 예측할 수 밖에 없다. 따라서 국내 금형 시장규모의 20%정도인 5,000억원 정도로 추정할 수 있다. 특히, 금형제작에 있어서 한 품목 당 3-4회의 시방설계변경이 발생되고, 이로 인한 금형의 보수(refurbishment) 비용이 추가적으로 발생하게 되므로 실제 금형 보수시장 규모는 예상치를 훨씬 상회할 것으로 예상된다.

3.2 레이저 클래딩 관련 엔지니어링 파트

엔지니어링 분야에서는 직접금속조형보다는 레이저 클래딩의 속성을 이용한 기술 응용분야를 먼저 꼽을 수 있다. 예를 들어 사용조건이 매우 가혹한 자동차 프레스 금형의 trim die cutting edges를 제작하거나(Fig. 5), 그 밖에 자동차의 연비와 수명을 개선하기 위한 알루미늄 실린더 헤드의 밸브시트의 개질(Fig. 6), 그리고 자동차 실린더 밸브 및 각종 밸브의 hardfacing, 자동차 carpet 및 디젤엔진 실린더 내벽의 경화 열처리등에 활용이 가능하다.

3.3 고기능 스마트 금속파트

금속, 합금 등의 기능성 소재를 사용하면 직접금속조형 기술을 이용하여 기능성 사제품을 직접 제작하거나 항공/군사/우주산업 부품의 개질 및 보수

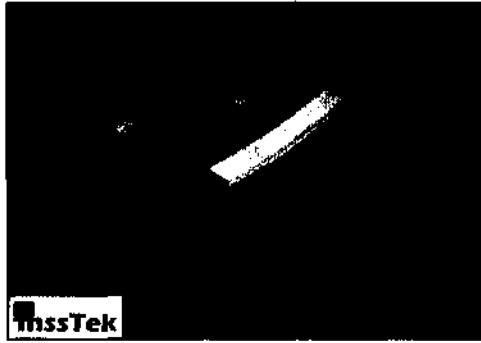


Fig. 5. Press die part by DMD process(courtesy of Insstek Inc.).

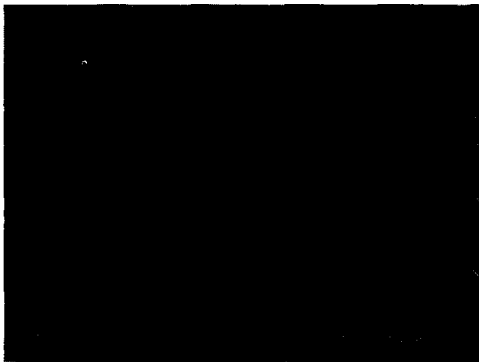


Fig. 6. Optical microstructures of a laser-clad aluminum valve seat part with a copper alloy(courtesy of Insstek Inc.).

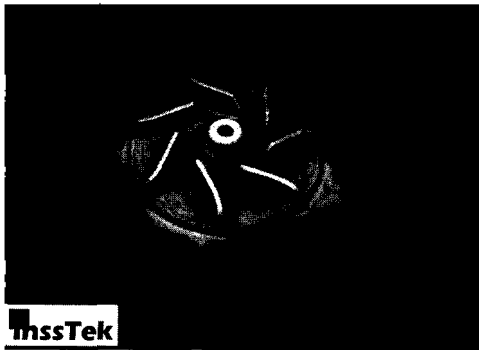


Fig. 7. Air-metal impeller part by DMD process(courtesy of Insstek Inc.).

(Aerospace & Aircraft Component)가 가능하다. Fig. 7은 항공분야에서 사용되는 임펠러 형상을 직접금속조형 기술을 이용하여 부분적으로 제작한 것이다. 이 밖에도 금형내부에 conformal cooling channel을 삽입하거나 금형 내부에 열 전도도가 좋은 소재를 heat

sink로 삽입시켜, 생산성을 크게 향상시키고 금형 내부의 온도분포를 항상 균일하게 유지시킬 수 있는데 사출성형 금형의 경우, 생산성이 30~50% 가량 증가하고, 제품의 품질도 향상된다. 또한 소위 기능다변성(技能多變性)소재라고 호칭되는 functional gradient materials(FGMs)이나 센서가 삽입된 고기능 스마트 금형파트의 제작 또한 가능하다.

4. 결 론

본 논문에서는 신속시작기술(Rapid Tooling)분야에서 효율적으로 사용될 수 있는 신기술인 레이저 직접금속조형 기술을 기술적으로 구현한 내용을 몇 개의 적용 사례와 함께 소개하였다. 레이저 직접금속조형은 기능성 소재(금속, 합금, 세라믹 등)의 분말을 컴퓨터에 저장된 3차원 디지털 형상정보에 따라 정밀하게 레이저로 직접 용착시키는 소위 레이저 클래딩(laser cladding) 기술을 이용하여 2.5차원의 조형층을 물리적으로 구현하고 이를 적층하여 복잡한 3차원 형상을 가진 금속파트를 직접 제작하는 기술이다.

본 기술은 기존의 tooling 공법에서는 필수적인 공정설계 단계를 거치지 않고 곧 바로 프레스 금형과 냉간 단조 금형 파트, 그리고 복잡한 형상의 플라스틱 금형용 인서트 제작등에 이르기 까지 폭넓게 적용이 가능하다. 또한 레이저가 갖고 있는 열 특성상, 기존의 육성용접에 의한 금형보수 분야에서 치명적인 단점으로 지적되어온 고열용접 후의 모재와 용접부위간에 경도편차와 얼룩부식의 발생, 그리고 기계적 재료 성능 저하와 같은 문제점들을 수반하지 않으므로 금형의 직접적인 開補修에 보다 더 효과적으로 활용될 수 있는데 이에 따라 상용화 이후에는 현재 국내 자동차 회사의 동력전달용 부품제작에 기술적용이 이루어지고 있다.

본 기술이 국내 금형업체의 금형제조 및 보수기술과 연계된 기존의 상업용 시작품개발 및 고부가가치 금속파트 제조등에 광범위하게 투입되게 되면 보다 경제적이고 효율적인 공정구현이 가능하게 되며 또한 이전보다 개선된 기계적 재질성능을 구비한 금속 tool 파트들을 신속하게 제작하는 것이 가능할 것으로 사료된다.

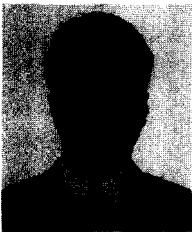
후 기

이 논문은 2003학년도 홍익대학교 교내연구비에 의하여 지원되었음.

참고문헌

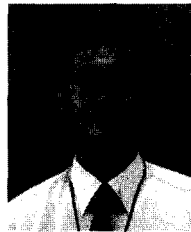
1. Chua Chee Kai and Leong Kah Fai, "Rapid Prototyping; Principles and Applications in Manufacturing," John Wiley & Sons Inc., 1997.
2. Pham, D. T. and Dimov, S. S., Rapid Manufacturing; The Technologies, Applications of Rapid Prototyping, and Rapid Tooling, Springer-Verlag London, 2001.
3. <http://www.3dsystems.com>
4. Jacobs, Paul F., Stereolithography and other RP&M Technologies, SME/RPA, ASME Press, 1996.
5. Rapid Prototyping Report, CAD/CAM Publishing,

- Inc., Vol. 10, No. 7, 2000.
6. <http://www.optomec.com>" 7. <http://www.pom.net>
8. <http://www.insstek.com>
9. <http://www.dtm-corp.com>
10. <http://www.extrudehong.com>
11. Mikell Knights, "Rapid Tooling is Ready for Prime time," *Plastics Technology*, January, 2001.
12. Laser Surface Treatment of Metals, San Miniato, Italy, Martinus Nijhoff Publisher, pp. 545-549, 2-13 Sept. 1985.
13. JOM, Vol. 49, No. 5, pp. 55-60, May 1997.
14. 한국금형공업총람. 한국금형공업협동조합, 1999.



지 해 성

1986년 서울대학교 공과대학 기계설계학과 학사
 1988년 서울대학교 공과대학원 기계설계학과 석사
 1996년 미국 MIT 기계공학과 박사
 1988~1992년 한국과학기술연구원(KIST) CAD/CAM 연구실 연구원
 1996~1997년 미국 상무생산국 국제표준연구소(NIST) 연구원
 1997~현재 홍익대학교 기계공학과 부교수
 관심분야: Virtual Manufacturing, Rapid Prototyping, 최적설계



서 정 훈

1986년 고려대학교 공과대학 금속공학과 학사
 1992년 한국과학기술원 재료공학과 박사
 1992~현재 한국원자력연구소 선임연구원
 2001~현재 (주)인스텍 대표이사
 1997~1998년 Univ. Michigan at Ann Arbor Visiting Scholar
 관심분야: DMT, Laser Material Processing, Rapid Prototyping, Surface Modification Technology